

№ 2130

С.В. Медведева
О.И. Мамзурина

Материаловедение

Неметаллические материалы

Курс лекций

№ 2130

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Кафедра металловедения цветных металлов

С.В. Медведева

О.И. Мамзурина

Материаловедение

Неметаллические материалы

Курс лекций

Допущено учебно-методическим объединением по образованию
в области металлургии в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по направлению
Металлургия



Москва 2012

УДК 620.22
М42

Рецензент

доц. *М.И. Степанова* («МАТИ» – РГТУ им. К.Э. Циолковского)

Медведева, С.В.

М42 **Материаловедение : неметаллические материалы : курс лекций / С.В. Медведева, О.И. Мамзурина. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2012. – 73 с.**
ISBN 978-5-87623-590-9

Рассмотрены основные виды неметаллических материалов, применяемые в современной технике: полимерные материалы, стекла, керамические и композиционные материалы. Описаны свойства таких материалов, особенности строения, основные области применения. Настоящий курс лекций позволит полностью обеспечить студентов необходимым минимумом информации по неметаллическим материалам, предусмотренным учебной программой курса.

В конце издания приведены логические конспекты-схемы, на которых лекционный материал представлен в наиболее сжатой и наглядной форме, что способствует лучшему его усвоению.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлениям 150400 «Металлургия», 280700 «Защита окружающей среды», 080502 «Менеджмент» и 220301 «Автоматизация и управление».

УДК 620.22

ISBN 978-5-87623-590-9

© С.В. Медведева,
О.И. Мамзурина, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Полимерные материалы	5
1.1. Состав и строение полимеров	5
1.2. Физические и фазовые состояния полимеров	9
1.3. Классификация полимерных материалов	12
1.4. Методы получения синтетических полимеров	13
1.5. Состав полимерного материала	14
1.6. Типовые полимерные материалы	20
1.7. Резины	21
1.8. Состав резиновых смесей	21
2. Неорганические стекла	23
2.1. Структура неорганических стекол	23
2.2. Химический состав стекол	25
2.3. Влияние структурных изменений на уровень упрочнения стекол	27
2.4. Кристаллизация неорганических стекол	30
2.5. Свойства стекол и их применение	32
3. Керамические материалы	34
3.1. Общие сведения	34
3.2. Принципиальная технологическая схема получения керамики	36
3.3. Типы керамических материалов	37
3.3.1. Аморфные керамики	37
3.3.2. Высокоэффективные конструкционные керамические материалы	37
3.3.3. Натуральные керамические материалы	38
3.4. Соединение керамических деталей	38
3.5. Классификация керамических материалов по химическому составу	39
4. Композиционные материалы	42
4.1. Классификация композиционных материалов	43
4.2. Использование наполнителей для создания полимерных композитов	44
4.2.1. Нульмерные наполнители	44
4.2.2. Одномерные наполнители	46
4.2.3. Механизмы упрочнения волокнами	57
4.3. Керамические композиционные материалы	59
4.4. Применение армированных пластиков	61
Логические концепты-схемы	66
Библиографический список	72

ВВЕДЕНИЕ

Во многих публикациях последнего времени утверждается, что около трети ученых-технологов так или иначе занимаются разработкой новых материалов с заранее заданными свойствами. В силу этого создание новых материалов происходит быстрее, чем когда-либо раньше в истории человечества. Современный конструктор должен представлять себе свойства новых материалов и их потенциальные возможности. Использование нового материала детали (к примеру, полимера) вместо традиционного металла при проектировании сложного технического узла сопровождается изменением ее конструкции, веса, способов изготовления, соединения и отделки. Специалист должен уметь сравнивать и точно оценивать свойства конкурирующих конструкционных материалов – а это часто оказывается сложным делом.

Материаловедение (наука о строении и свойствах материалов) давно уже стало отдельной областью знаний. Оно изучает и исследует четыре главные группы конструкционных материалов: металлы и их сплавы, полимеры, керамики и композиты.

Курс лекций предназначен для первичного ознакомления студентов со свойствами, структурами, условиями получения неметаллических материалов, применяемых в технике: полимерных материалов, неорганических стекол, керамика и неметаллических композиционных материалов.

Для успешного усвоения учебного материала в данном курсе лекций приведены логические конспекты-схемы. Такая форма представления материала позволяет оперативно повторить все изученное и обобщить полученные знания по темам.

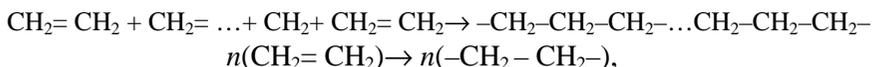
1. ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Термин *полимерные материалы (ПМ)*, или *пластические массы (пластмассы)*, объединяет большой класс синтетических материалов с разнообразными физическими, технологическими, потребительскими и эксплуатационными свойствами. В настоящее время ПМ используются во всех отраслях промышленности, сельского хозяйства, в обеспечении комфортной жизнедеятельности людей.

Первыми пластическими массами, созданными человеком искусственно на основе химически модифицированных природных полимеров – натурального каучука, нитроцеллюлозы и белковых веществ, были эбонит (1843 г.), целлулоид (1872 г.) и галалит (1897 г.). Получение первых синтетических смол и пластмасс относится к началу XX столетия. В начале столетия был освоен выпуск фенопластов (первые синтетические высокомолекулярные соединения – бакелит и карболит – представляют собой фенолформальдегидные смолы, полученные поликонденсацией фенола с формальдегидом), а после Первой мировой войны – аминопластов. В 30-х гг. XX в. начался промышленный выпуск полистирола, поливинилхлорида, полиметилметакрилата и др.

1.1. Состав и строение полимеров

Полимер – вещество, молекула которого состоит из большого числа повторяющихся звеньев, так называемых *мономеров*. Мономеры – это низкомолекулярные вещества, которые при определенных условиях способны реагировать между собой. Это приводит к тому, что возникает длинная цепная молекула, которую называют *макромолекулой* (или *полимерной цепью*). В макромолекуле составляющие ее низкомолекулярные повторяющиеся структурные единицы, или элементарные (мономерные) звенья, соединены прочными химическими связями. Сами же макромолекулы связаны между собой слабыми физическими межмолекулярными силами:



где n – число элементарных звеньев (степень полимеризации);

$(\text{CH}_2=\text{CH}_2)$ – мономер;

$n(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)$ – полимер.

Среднее количество повторяющихся элементарных звеньев (n) в полимерной цепочке – *степень полимеризации*. Значение степени полимеризации может варьироваться в широких пределах: от n , равного нескольким единицам, до n , равного 5000...10 000 и даже больше. Полимеры с высокой степенью полимеризации называются *высокополимерами*, полимеры с низкой степенью полимеризации – *олигомерами*. Высокополимеры имеют очень большие значения молекулярных весов, порядка $10^4...10^6$, поэтому высокополимерные вещества являются и высокомолекулярными.

Если основная цепь полимера построена из звеньев одного мономера, то ее называют *гомополимерами*. Так, полиэтилен $n(-CH_2-CH_2-)$ является гомополимером этилена. Макромолекулы могут быть построены из двух или более различных мономеров. Такие полимеры называют *сополимерами*.

Цепное строение макромолекул и различная природа связей вдоль и между цепями определяют комплекс особых физико-химических свойств полимерного материала. Например, одновременное сочетание в нем прочности, легкости и эластичности, способности образовывать пленки и волокна. Цепное строение макромолекул ответственно также за то, что полимеры способны значительно набухать в жидкостях, образуя при этом ряд систем, по свойствам промежуточных между твердым телом и жидкостью.

Полимеры, построенные из очень длинных цепочек, обладают исключительно высокими молекулярными массами. Если известно значение степени полимеризации (n), то, зная молекулярную массу элементарного звена $M_{зв}$, можно определить молекулярную массу гомополимера:

$$M = nM_{зв}.$$

Соединение мономеров в макромолекулы происходит в результате химических реакций, которые протекают по законам цепных или ступенчатых процессов. В результате какой бы реакции ни был получен полимер, он всегда состоит из набора различных по размеру макромолекул. Это связано с тем, что во время протекания реакции полимеризации из-за неоднозначности термодинамических, химических и прочих условий степень полимеризации n принимает различные значения, близкие к n как «слева», так и «справа». Поэтому молекулярная масса полимера является некоторой усредненной величиной.